

# AC LED 照明和通信开发工具套件上的 DMX512 通信

Brett Larimore

## 摘要

AC LED 照明和通信开发人员套件通过使用一个很好的方法研究单一微控制器 (MCU) 并使用其进行试验来准确控制 LED 灯串并有效控制 LED 运行所需的功率级。这份应用报告解释了如何使用 TMD5IACLEDCKOMKIT 通过 DMX512 进行通信。随附的 Code Composer Studio™ 项目使得 MCU 能够控制套件的功率级，LED 灯串并运行 DMX512 从器件。被用来执行所有这些任务的 MCU 是 Piccolo™ F28027 微控制器。

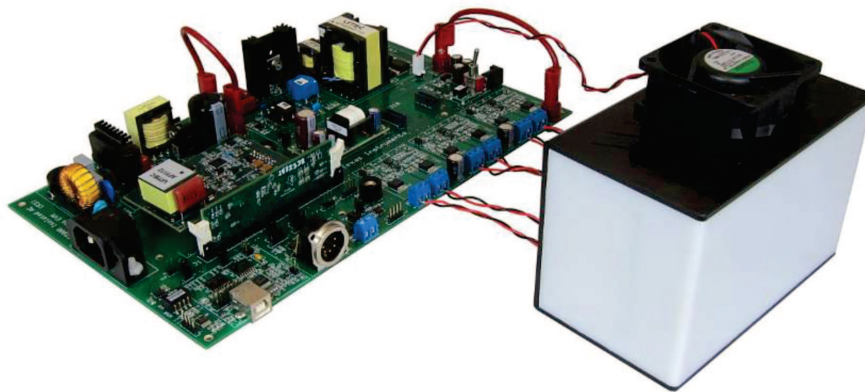


图 1. TMD5IACLEDCKOMKIT

## WARNING

这个评估模块 (EVM) 只用于实验室环境中并且不被 TI 视为已完成的最终产品而适用于普通用户使用。

这个 EVM 必须由有资格的工程师和技术人员进行操作，这些人员熟悉与高压电气和机械组件、系统和子系统相关的风险。

如果操作或应用不当，这个设备的运行电压或电流有可能导致电击、火灾危险或人身伤害。在使用设备时，必须小心并采取必要的保护措施以避免人身伤害或财产损失。

在为主板和/或仿真板供电时，您需要确定已确认和理解电压和隔离要求。当加电时，不要触碰 EVM 或与 EVM 相连的组件。

## 内容

1	DMX512 物理层和协议 .....	2
2	执行 .....	4
3	参考书目 .....	11

Code Composer Studio, Piccolo are trademarks of Texas Instruments.  
All other trademarks are the property of their respective owners.

### 图片列表

1	TMDSIACLEDCKOMKIT.....	1
2	一个 DMX512 主控器件的示例 .....	3
3	DMX512 XLR-5 线缆 .....	3
4	DMX512 时序线图 .....	3
5	DMX512 接口电路原理图 .....	5
6	DMX512 软件时序 .....	6
7	DMX512 项目中的主要文件用来 .....	7
8	通道显示 .....	9
9	AC LED 照明和通信主板跳线和连接器线图 .....	10

### 图表列表

1	DMX512 时序图表 .....	4
2	DMX512 MAB 期间, 最差情况下的 ISR 时序 .....	6

## 1 DMX512 物理层和协议

### 1.1 概述

具有 512 个信息块 (DMX512) 的数字 **MultipleX** 是一款通用照明标准, 此标准主要用于控制舞台照明并且已成为控制调光器和很多非安全关键特效的主要方法。由于其相对的简单性和此标准的稳定性, 它也常见于其它照明系统中。根据网络拓扑结构和延迟, 每个从器件可有大约 40Hz 的更新速率。DMX512 是一款单向协议, 正因如此, 此协议不采用纠错。

### 1.2 物理层

一个 DMX512, 被称为一个 DMX 域, 由一个控制多达 512 个从器件的主控器件组成。从器件应该被分成并行总线, 每条总线最多包含 32 个部件。然后, 每条总线的从器件应通过菊花链方式连接在一起并且每个从器件从总线上获得它们各自的信息。任一菊花链的端点需要一个内置的 120Ω 终端电阻器。每个接收器不应承载电容值大于 125pF 的差分线路。

DMX512 信号经由串行连接标准 EIA485 (RS-485) 发出。

此标准确定使用 XLR-15 连接器, 这样, 插头连接器是接收器端口, 而插座连接器应该被用作接收端口。所有使用的线缆应该为双绞线。

常见的从器件有调光器、智能照明或特效机器。



图 2. 一个 DMX512 主控器件的示例



图 3. DMX512 XLR-5 线缆

### 1.3 协议

DMX512 协议被定义为一个运行频率为 250kHz 的异步串行数据流。因此，每个“位”的长度将为 4μs。DMX512 有一个开始位（低电平），8 个数据位，2 个停止位且无奇偶校验。

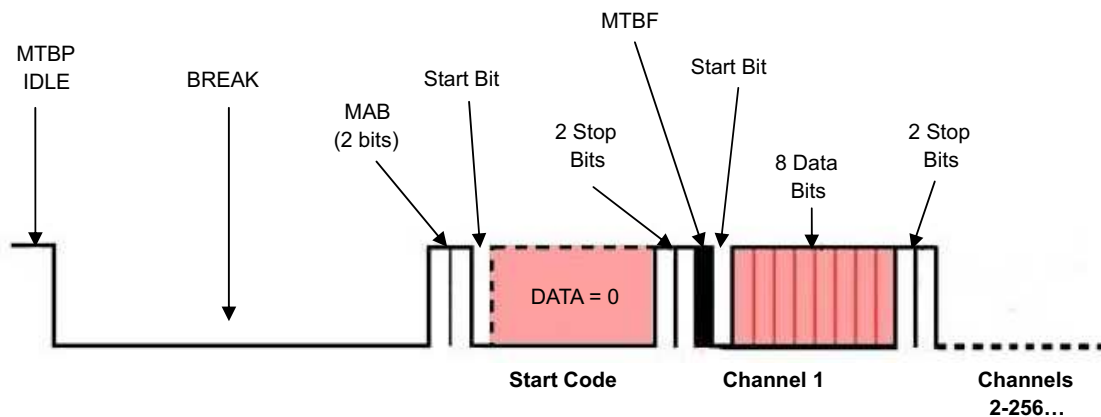


图 4. DMX512 时序线图

表 1. DMX512 时序图表

	最小值	典型值	最大值	单位
中断	88	88	1000000	us
中断后标识 (MAB)		8		us
帧宽度		44		us
开始/数据/停止位		4		us
数据帧间标识时间 (MTBF)	0	不可用	1000000	us
数据包间标识时间 (MTBP)	0	不可用	1000000	us

每个数据包从一个中断开始，在这个中断期间软件被保持为低电平至少 **88μs**。此中断后，中断后标识 (MAB) 在通信线路保持为高电平的时间为两个数据位时发生。然后，此协议循环 **513** 个 **8** 位数据帧。第一个数据帧被保留为开始代码，在这个代码中，数据将为 **0**。开始代码帧之后，包含通道 **1** 数据的数据帧被发出。下一个数据帧为通道 **2**，以此类推。在接收器端，这意味着一个从器件接收所有通道的数据，但是只对与其地址相对应的通道做出响应。

## 2 执行

一个硬件接口和一个 Code Composer Studio 项目被开发用来在 F28027 器件上控制 LLC 谐振级、控制 LED 级并接收 DMX512 命令。针对 DMX512 通信的驱动器软件包含这个项目并主要出现在 *DMX512Comms.c* 文件中。

此项目保存在 [www.ti.com/controlsuite](http://www.ti.com/controlsuite):  
*development\_kits\IsoACLighting\_vX.X\IsoACLighting-F28027-DMX512* 中。

### 2.1 硬件接口

DMX512 硬件接口已被内置于 TMD51ACLEDCKOMKIT 开发套件中。此端口的电路原理图请见图 5。网络终端 DMX-TX 和 DMX-RX 连接到 F28027 MCU 的串行通信接口 (SCI) 外设上。请注意，下面的 TX 和 RX 与 Piccolo F28027 控制的装置相对应。

主机被连接到 J8 上，然后由德州仪器的 SN65HVD3082ED 接收器转换为一个标准串行信号。

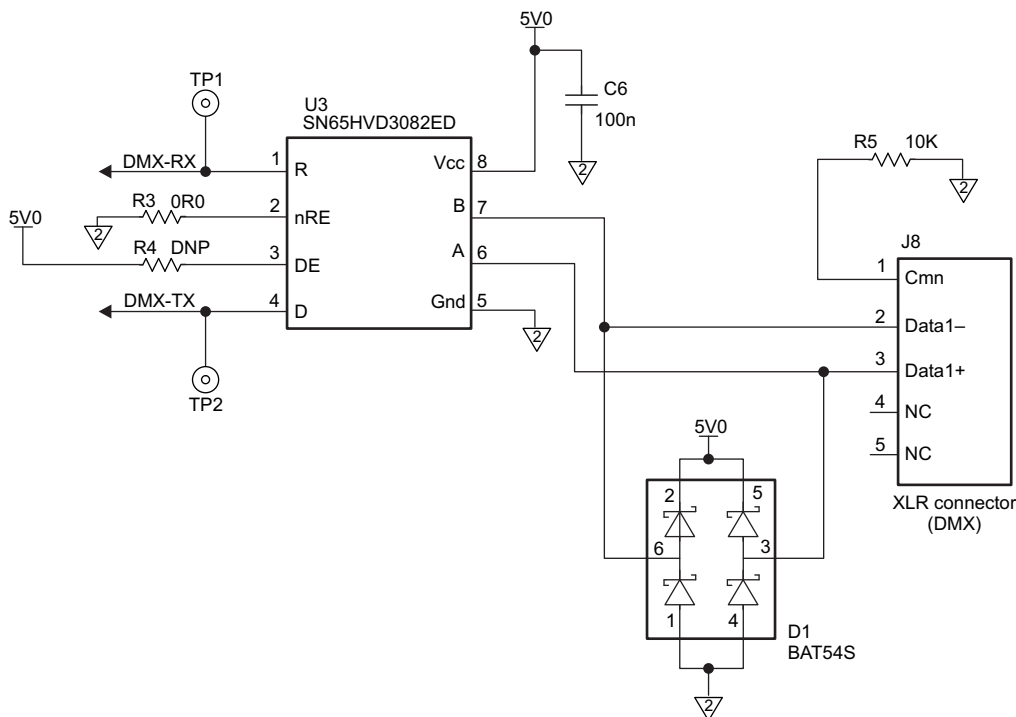


图 5. DMX512 接口电路原理图

## 2.2 DMX512 软件驱动程序

DMX512 软件驱动程序靠 C2000 的 SCI 外设来搜集数据并将其存储在一个缓冲器中。这个通信外设是可配置的，并可被编辑成与 DMX512 协议相类似的协议。在项目中，SCI 被配置成等待 1 个停止位、无奇偶校验和 8 个字符位。

针对此项目，DMX512 协议中的数据速率将使 SCI 采用一个相对较高的 512k 波特率。为了有效地接收 DMX512 信号，控制 SCI 时钟速度的低速时钟 (LOSPCP) 的速度被设定为 30MHz，并且 SCILBAUD 位被设定为 14。

在大多数时间内，SCI 可将 DMX512 数据正确地转换成字，然而，DMX512 协议中规定的中断 (BREAK) 时间的确会导致一些问题。这是因为 SCI 外设并未预计到协议会在一个相当长的时间内变为高电平，因此，会将中断视为一个错误。

为了绕过这个问题，软件驱动程序在通用输入输出 (GPIO) 功能性和 SCI 功能性之间切换 C2000 器件的引脚。

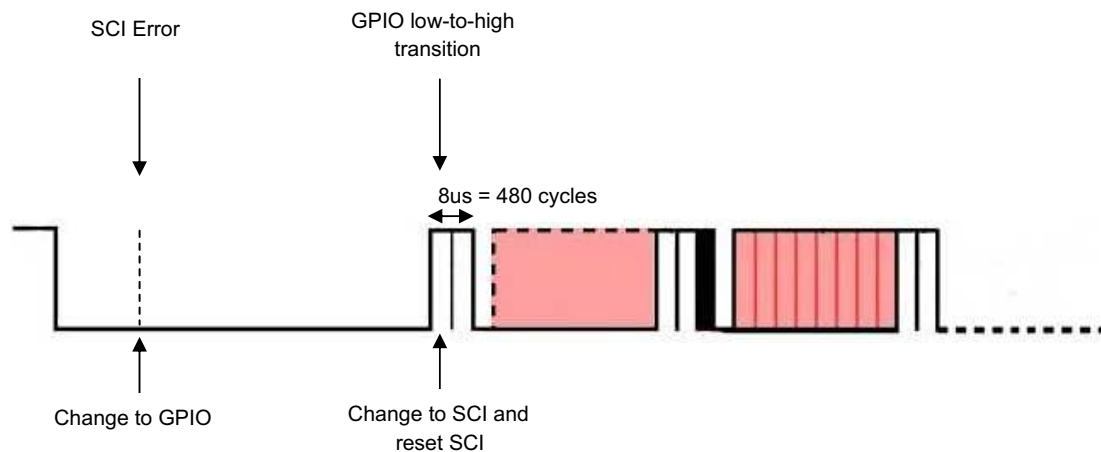


图 6. DMX512 软件时序

在一次成功传输后，DMX512 线路在无问题发生的一段时间内变为闲置 (IDLE)。在这之后，DMX512 线路进入中断。一旦 SCI 的低电平状态已经被保持了至少 10 位，SCI 中断检测 (BRKDT) 错误标志被设定，这将暂停 SCI 通信。此标志的自动设置将生成一个接收中断。在确定此中断由一个错误引起后，此驱动程序将 GPIO28 引脚配置成一个 GPIO 并且将一个外部 GPIO 中断配置成在下次 GPIO 感测到一个低电平至高电平转换时生成。

一旦中断完成，在两个数据位内发生 MAB。在低电平到高电平转换时，外部 GPIO 中断将发生。在这个中断内部，GPIO28 被重新配置成一个 SCI 引脚，而 SCI 外设被复位。在针对开始代码的起始位到达时，SCI 被复位，而 SCI 接收所有新数据。

由于 C2000 CPU 也许正在处理其它中断，正如 IsoACLighting-F28027-DMX512 项目中的情况和 DMX512 驱动程序运行方法，MAB 附近的 CPU 周期使用率是相当关键的。MAB 是 2 个 DMX512 位，这相当于 8µs 或 480 个 F28027 个时钟周期。

因此，可确保外部中断和任何其它高优先级中断（这些中断也许在外部中断发生时已经在运行）可在 480 个周期内完成。

在 IsoACLighting-F28027-DMX512 项目中，非 DMX512 中断处理例程 (ISR) 占据总共 350 个周期。外部中断花费大约 8 个周期。必须将 ISR 至进入点的延迟考虑在内，对于 C2000 器件，这个值为 14-18 个周期。表 2 汇总了 MAB 期间最差情况下的周期使用量。

表 2. DMX512 MAB 期间，最差情况下的 ISR 时序

	ISR 周期	ISR 加上 ISR 触发至进入点延迟
控制环路 ISR	230	248
谐振脉宽调制 (PWM) 更新 ISR x 3	120	174
GPIO28 L 至 H 外部中断	8	26
总计	358	448
备用 ISR 周期	122	32

在这个图表中，谐振脉宽调制 (PWM) 更新中断被设定为出现三次，为最差情况。谐振 PWM 更新所需的周期数量取决于谐振功率级的负载。

请注意，即使只有 32 个备用 ISR 周期，但是这与备用 CPU 周期的数量不相等。这是因为，MAB 期间有 32 个备用周期，直到驱动程序偶尔有可能丢失部分 DMX512 数据包并且不在那个 DMX512 周期内进行更新。在 MAB 时间之外，有大量的备用周期来进行主机控制等。

DMX512 标准仅仅描述了数据包和对于硬件接口的限制。然而，并未严格给出一个命令的执行方法，通常一个数据包与一个地址的亮度相关。例如，一个地址为 56-58 的 RGB 照明可将地址 56 设定为红色的亮度，将地址 57 设定为绿色的亮度，而将地址 58 设定为蓝色的亮度。驱动程序从所有地址获取 DMX512 数据并将其放置在一个存储器的较大缓冲器内。一旦一个缓冲器已满，第二个缓冲器被填满，持续采用一个来回方式进行，这样将始终有一个已知的正常缓冲器。下面显示的 API 函数将返回一个已传递地址的最近数据。

```
Uint16 getValueOfDmxAddress(Uint16 address)
```

## 2.3 DMX512 项目

在使用这个项目之前，您应该已经运行且试验了[www.ti.com/controlsuite](http://www.ti.com/controlsuite)中的 IsoACLighting-F28027 项目：

*development\_kits\TMDSIACLEDCOMKIT\_v1.0\IsoACLighting-F28027*

这个项目和其文档对 TMDSIACLEDCOMKIT 以及 F28027 如何控制套件的功率级进行了完整说明。

IsoACLighting-F28027-DMX512 项目的建立以此处的知识为基础。

硬件方面，使得 DMX512 项目能够运行所需的唯一改变是 [Main]-J6 和 [Main]-J7 上的跳线都需要被移动并被放置成连接位置 2 和 3。

IsoACLighting-F28027 项目和 IsoACLighting-F28027- DMX512 项目间主要的软件差异就是 *IsoACLighting-Comms.c* 文件已改变并且现在接口和调用函数在 *DMX512Comms.c* 文件内。 *Comms.c* 文件也初始化并打开谐振级，这样 DMX512 接口能够直接改变 LED 灯串的亮度，而无需对 LLC 谐振级进行任何操作。这个 *DMX512Comms.c* 文件将 DMX512 驱动程序和 API 包含在驱动程序内。图 7 给出了 DMX512 项目中所使用的主要文件的某些细节。

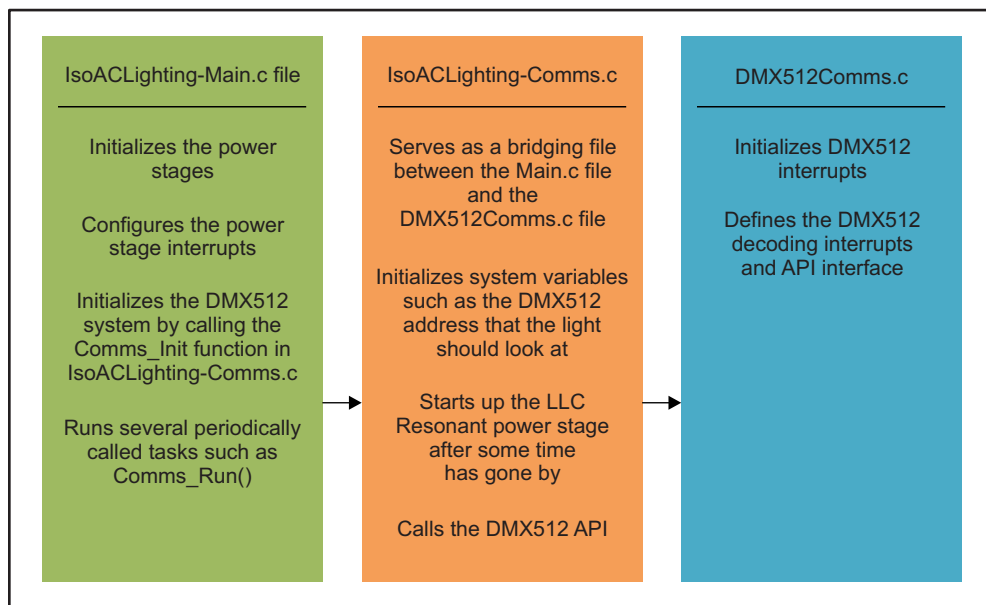


图 7. DMX512 项目中的主要文件用来



为了运行此项目并使得 DMX512 通信起作用，您需要一个 DMX512 主控制器件，诸如 Enttec USB Pro。对于一个与此主控制器件对接的计算机，您需要一些软件，例如 Light Factory (<http://www.lifactory.com/>)。您还需要一个 DMX 兼容线缆，例如 Newark 部件号 18J1683。

1. 运行软件并按照 TMD5IACLEDCKOMKIT-CCS 指南中构造 1 和构造 2 来配置硬件。
2. 将 USB 线缆连接至 [M8]-JP1。
3. 请确保已组装 [Main]-J3。
4. 将跳线放置在 [Main]-J6 和 [Main]-J7 的位置 2 和位置 3 之间。
5. 将 DMX512 线缆连接至 [Main]-J8。
6. 按照主控制器件的用户手册和指南来设置 DMX512 主控和软件。
7. 将一个 12V DC 电源连接到 [M7]-JP1。
8. 将 [M7]-SW1 切换至 'Ext' 位置。
9. 打开 Code Composer Studio。
10. 将[www.ti.com/controlsuite](http://www.ti.com/controlsuite)中的 IsoACLighting-F28027-DMX512 项目导入：  
`development_kits\TMD5IACLEDCKOMKIT_vX.X\IsoACLighting-F28027-DMX512`
11. 编译软件。
12. 点击 'bug' 按钮来连接并闪现代码。
13. 复位处理器，然后在 Code Composer Studio 中点击重新启动（这样程序在主程序开始时启动）。
14. 在 Code Composer Studio 中启用实时模式并启用观察窗口的持续刷新。
15. 点击绿色播放按钮来运行软件。（步骤 16 应该在这一步完成后立即完成。）
16. 小心地将 AC 电缆插入到墙上。一旦完成了这一步，触碰主板会有危险。

请注意，主板加电后大约 10 秒钟，LLC 谐振电源被自动打开。

17. 使用 DMX512 软件来将亮度信息传递给套件。缺省情况下，每个 LED 灯串正在查看的 DMX 地址为地址 31-36。到这些地址的 DMX512 命令将影响 Gui\_lled[0-5] 以及每个 LED 灯串的电流基准。
18. Code Composer Studio 中所有 512 块 DMX512 数据的最后一个正常缓冲器，请见 `rdata[dmxBufferNum_LastGood]`。
19. 完成时，将每个适用的 DMX512 地址设定为 0。
20. 把电源线从墙上拔出。
21. 在触碰主板前请至少等待 60 秒。

---

**注：**也可在未连接外部 DC/DC 电源和没有 Code Composer Studio 的情况下运行此演示。然而，在开始时使用外部电源会更加安全。一旦 DMX512 代码被闪存入器件（在上部的步骤中完成），您能够重新运行上述操作，除了以下几点：移除 DC/DC 电源、切换 [M7]-SW1 为远离 'Ext' 并跳过步骤 10-12 和 16。

---



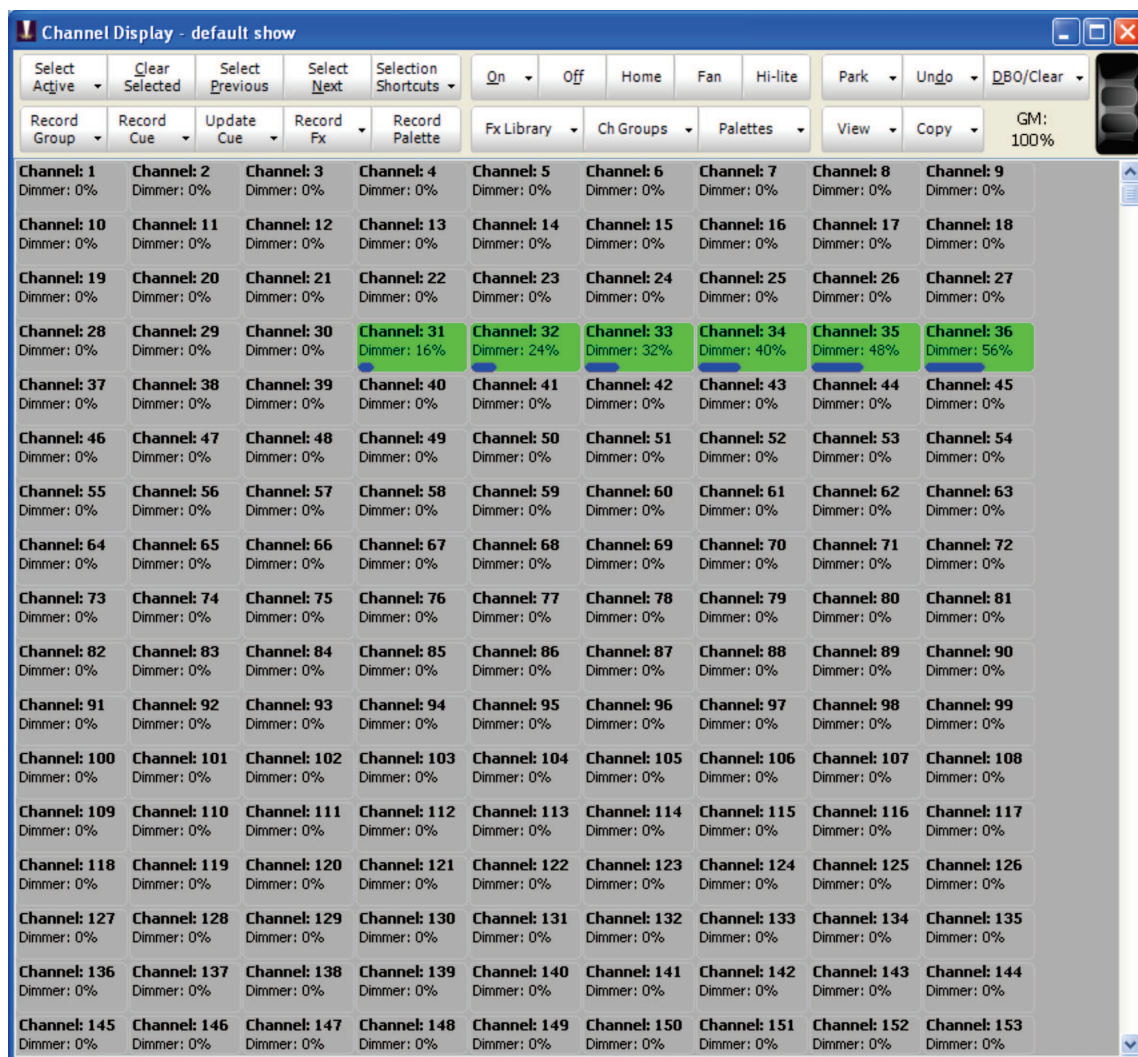


图 8. 通道显示

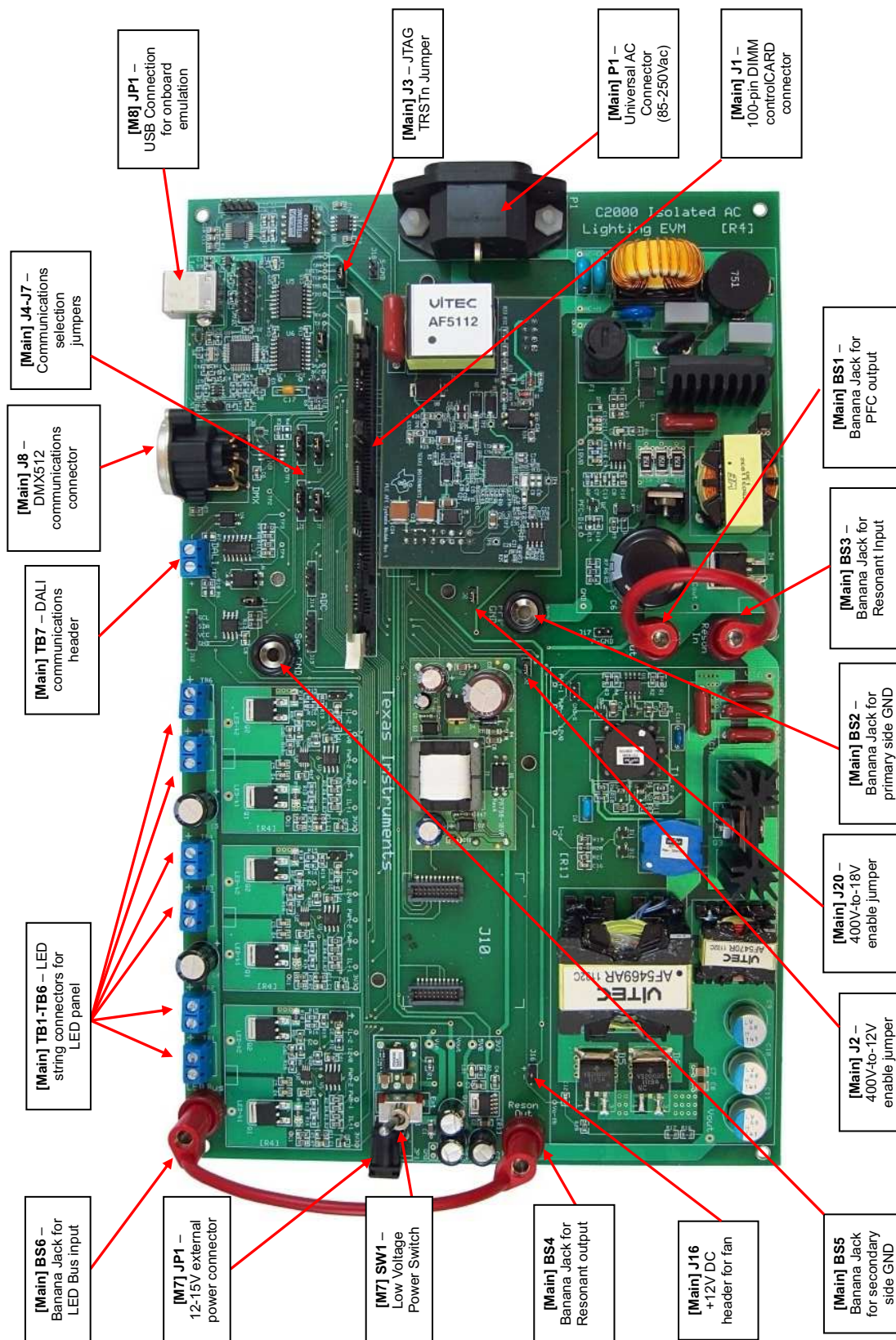


图 9. AC LED 照明和通信主板跳线和连接器线图

### 3 参考书目

- [www.ti.com/controlsuite](http://www.ti.com/controlsuite):
  - TMDSIACLEDKOMKIT\_CCS - 提供与 Code Composer Studio 内 IsoACLighting 项目相关的详细信息。此文档采用易于使用的标签风格格式仔细检查此项目。  
*development\_kits\TMDSIACLEDKOMKIT\_vX.X\~Docs\ TMDSIACLEDKOMKIT\_CCS.pdf*
  - TMDSIACLEDKOMKIT-HWdevPkg - 一个文件夹，此文件夹包含了与 AC LED 照明和通信开发人员套件板（电路原理图，物料清单，Gerber 文件，印刷电路板 (PCB) 布局布线等）上硬件相关的多个文件。  
*development\_kits\TMDSIACLEDKOMKIT\_vX.X\~TMDSIACLEDKOMKIT-HwdevPkg[R4]\*
  - TMDSIACLEDKOMKIT-HWGuide - 提供与 AC LED 照明和通信开发人员板上硬件相关的完整文档。  
*development\_kits\TMDSIACLEDKOMKIT\_vX.X\~Docs\ TMDSIACLEDKOMKIT -HWGuide.pdf*
- DMX512 标准- 提供到 DMX512 和 DMX512-A 标准（由 USITT 创建并由 ESTA 维护）的连接。  
<http://www.usitt.org/Resources/Standards2/DMX512>
- OpenDMX.net - 提供一些与 DMX512 相关的有用信息。
  - DMX512-A 维基网页: <http://www.opendmx.net/index.php/DMX512-A>
  - OpenDMX.net 维基网页: <http://www.opendmx.net/index.php/OpenDMX.net>
- Ujjal 的 DMX512 网页 - 提供一个比较好的 DMX512，执行和发展历史概述。
  - DMX512 是什么? <http://www.dmx512-online.com/whats.html>



## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为 有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予 的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务 的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它 知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况 下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件 或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其在应用中 使用 TI 产品 相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见 故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因 在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特 有的可满足适用的功能安全性标准 and 要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使 用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同 意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独 力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要 求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122  
Copyright © 2013 德州仪器 半导体技术(上海)有限公司